

IDENTIFIKASI SINYAL QRS ELEKTROKARDIOGRAM BERBASIS WAVELET DeGeNorm₄

I Dewa Gede Hari Wisana⁽¹⁾, Thomas Sri W⁽²⁾, Mochammad Sja'bani⁽³⁾, AdhiSusanto⁽⁴⁾.

ABSTRACT

In this paper, the electrocardiogram QRS signals will be identified using the method of wavelet. The wavelet method used for detecting an electrocardiogram signal are a new wavelet call DeGeNorm₄. The first thing done is to detect the R peak of the electrocardiogram signal. Next, the signal Q and signal S is detected after the signal R is determined. Algorithm DeGeNorm₄ is a new algorithm to detect QRS wave electrocardiogram signal. The originality of this study was applied to QRS electrocardiogram wave, with varying leads and it is analyzed for each component Q, R and S of its electrocardiogram signal. The results show the effectiveness of wavelet DeGeNorm₄ algorithm utility to detect normal electrocardiogram wave for 6 lead electrocardiogram. With the value of Sensitivity = 87,2 % by using Receiver Operating Characteristic (ROC) curve.

Keyword: DeGeNorm₄, Electrorrdiogram, QRS Detection, Wavelet Detection.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Elektrokardiogram adalah rekaman aktivitas listrik pada tubuh yang dihasilkan dari jantung. Arus mengalir melalui jaringan disekitar jantung menyebabkan munculnya sinyal elektrokardiogram. Alur kelistrikan jantung dimulai dari fase istirahat /resting phase, yaitu durasi waktu saat jantung menolak aktivitas kelistrikan. Fase kedua dari alur kelistrikan jantung adalah depolarisasi yang mengindikasikan bahwa cell pacu jantung yang berada pada superior vena cava.sel ini secara kolektif membentuk Sinoatriuml Node(SA). Impuls listrik menyebar melalui sel khusus dan sel jantung(melalui jaringan otot). Meskipun sinyal listrik menyebar dengan cepat melalui jaringan syaraf tertentu dibandingkan pada jaringan otot (Gary

Beberapa algoritma telah digunakan dalam proses identifikasi sinyal QRS. Tujuan dari algoritma-algoritma tersebut sama, yaitu untuk meningkatkan akurasi dan menjadikan identifikasi tersebut memiliki kemampuan yang sama seperti ahli jantung. Teknik-teknik ini bergantung pada paradigma komputasi yang digunakan, dapat dikategorikan sebagai sistem identifikasi berbasis rule, fuzzy, jaringan syaraf tiruan, metode statistik hingga analisis komponen dasar. Salah satu model yang digunakan untuk mengidentifikasi QRS sinyal elektrokardiogram adalah dengan deteksi Wavelet.

⁽¹⁾Jurusan Teknik Elektromedik, ^{(2),(4)} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. ⁽³⁾Fakultas Kedokteran. Universtas Gadjah Mada Yogyakarta

Wavelet

Wavelet adalah suatu fungsi matematika yang membagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda dan menganalisis setiap komponen tersebut dengan menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Gelombang singkat mempunyai keuntungan apabila dibandingkan dengan metode alih ragam *Fourier* dalam hal menganalisis suatu sinyal yang *non-stationer*. Sebuah gelombang biasanya didefinisikan sebagai fungsi osilasi dari waktu seperti gelombang sinusoidal. Analisis *Fourier* adalah analisis gelombang dimana analisis ini mengekspansi sinyal atau fungsi dari suatu gelombang sinusoidal yang mempunyai fenomena periodik, tak berubah waktu (*time invariant*), dan *stationer*.

Dalam alih ragam gelombang singkat digunakan istilah translasi dan skala, karena istilah waktu dan frekuensi sudah digunakan oleh alih ragam *Fourier*. Translasi adalah lokasi jendela modulasi saat digeser sepanjang sinyal, berhubungan dengan informasi waktu. Skala berhubungan dengan frekuensi, skala tinggi (frekuensi rendah) berhubungan dengan informasi global dari sebuah sinyal, sedangkan skala rendah (frekuensi tinggi) berhubungan dengan informasi detail. *Continuous Wavelet Transform* (CWT):

$$\gamma(s, \tau) = \int f(t) \psi_{s,\tau}^*(t) dt \quad (1)$$

Keterangan:

$\gamma(s, \tau)$: adalah fungsi sinyal transformasi
 s : Skala
 τ : (translasi) sebagai dimensi baru.
 $f(t)$: sinyal asli sebelum transformasi.
 $\psi_{s,\tau}^*(t)$: Fungsi Gelombang singkat,
 * : menunjukkan konjugasi kompleks.

METODOLOGI

Pada penelitian ini metodologi Deteksi Wavelet baru dilakukan dengan cara melakukan korelasi silang antara sinyal elektrokardiogram Normal dengan jenis Wavelet baru yang telah diperoleh berdasarkan pola sinyal yang sesuai ciri dari sinyal elektrokardiogram Normal.

Persamaan yang digunakan untuk korelasi silang adalah sebagai berikut

$$R_{yx}(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-m+1} y(n)x(n+m-1)$$

(2)

Dimana $m=1,2,3,\dots,N+1$

Keterangan:

R_{yx} : Hasil korelasi
 N : Jumlah sampel.
 $y(n)$: fungsi Wavelet baru dengan panjang n
 $x(n+m-1)$: sinyal ECG dengan isyarat Normal

Jika nilai $R_{yx}(m) = 0$ maka dapat dikatakan bahwa dua sinyal $x(n)$ dan $y(n)$ tidak berkorelasi atau secara statistik dinyatakan independen, deasumsikan dengan nilai rata-ratanya nol. Wavelet baru ini meliputi Wavelet untuk elektrokardiogram normal. Sinyal elektrokardiogram yang sesuai dengan jenis Wavelet baru akan memberikan nilai korelasi yang tinggi dibandingkan sinyal elektrokardiogram lain. Wavelet baru ditentukan dengan cara menghitung jumlah nilai korelasi tertinggi yang muncul pada masing-masing isyarat elektrokardiogram Normal

PEMBAHASAN

Ditinjau kelompok fungsi yang diperoleh dengan menggeser dan membuat skala GS induk (*mother wavelet*) $\Psi(t) \in L_2(R)$,

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (3)$$

Dengan $a, b \in R$ ($a \neq 0$) dan penormalan dilakukan agar norma

$$\|\Psi_{a,b}(t)\| = \|\Psi(t)\|$$

(untuk saat ini diandaikan a dapat bernilai positif atau negatif). Selanjutnya, akan diandaikan bahwa GS memenuhi syarat penerimaan (*admissibility condition*).

$$C_{\Psi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\Psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (4)$$

di mana $\Psi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) e^{j\omega t} dt$

Dengan $\Psi(\omega)$ adalah FT fungsi $\Psi(t)$. Dalam prakteknya, $\Psi(\omega)$ akan selalu mengalami penurunan (*decay*), agar kondisi penerimaan berkurang hingga terpenuhinya $\Psi(0) = 0$:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) dt = \Psi(0) = 0$$

Karena FT nol pada awal dan spektrum menurun pada frekuensi tinggi, GS menunjukkan perilaku lolos-bidang (*band-pass*). Selanjutnya GS dinormalkan sehingga mempunyai satuan energi, atau:

$$\begin{aligned} \|\Psi(t)\|^2 &= \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(t)|^2 dt \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(\omega)|^2 d\omega = 1 \end{aligned}$$

HASIL DAN ANALISIS

Wavelet DeGeNorm₄

Peneliti membuat persamaan pertama yang diberi nama Wavelet DeGeNorm₄.

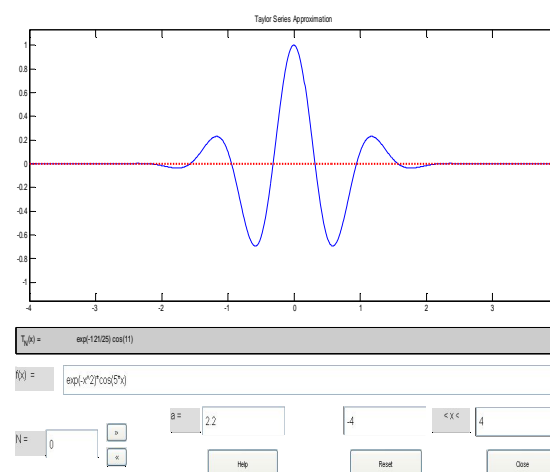
seperti tertulis pada persamaan 5 berikut ini

$$\psi_{DeGeNorm_4} = e^{-x^2} [(\cos 5x)] \quad (5)$$

Setelah diketahui persamaan Wavelet DeGeNorm₅ maka nantinya akan disimulasikan oleh *taylor tool* menjadi persamaan 6 sebagai berikut.

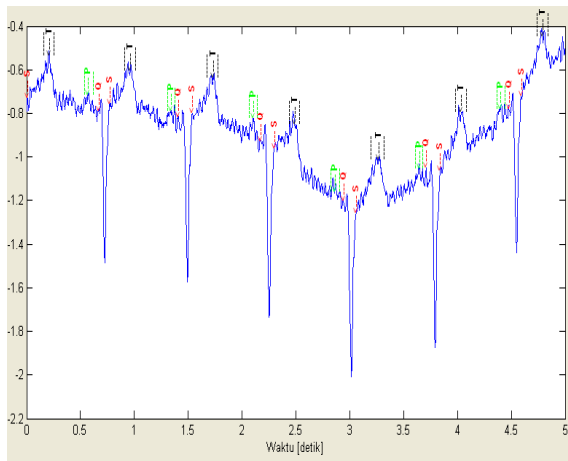
$$\exp(-x^2) * (\cos(5*x)) \quad (6)$$

Seperti terlihat pada gambar 1 maka Wavelet DeGeNorm₄ ini diharapkan mempunyai nilai korelasi yang cukup tinggi untuk dapat menentukan bentuk sinyal elektrokardiogram normal. Puncak kiri dan puncak kanan dibuat sama amplitudonya.



Gambar 1. GS DeGeNorm₄ yang Disimulasikan dalam Deret Taylor

Tahap Pengujian dilakukan dengan cara tidak menapis derau sinyal elektrokardiogramnya, sehingga sinyal masukan elektrokardiogramnya masih mengandung derau sinyal elektrokardiogram seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengujian GS DeGeNorm₄ pada Lead Dua dengan derau

Tabel 1. Hasil Sensitivitas Pendeteksian Komponen QRS dengan DeGeNorm₄

Pasien 1	Lead 1	Lead 2	Lead 3	avr	avl	avf
Total Komponen QRS	86	86	86	86	86	86
QRS Terdeteksi	76	74	75	77	76	73
Positif Benar(PB)	85	85	84	80	78	82
Negatif Semu(NS)	1	1	2	6	8	4
Positif Semu (PS)	0	0	0	0	0	0
Sensitivitas (%)	88	86	87	89	88	84

Dari hasil table 1 diatas nampak bahwa sensitivitas program rata rata 87,2 % untuk dapat mendeteksi puncak R dengan deteksi Wavelet DeGeNorm₄.

Wavelet DeGeNorm₅

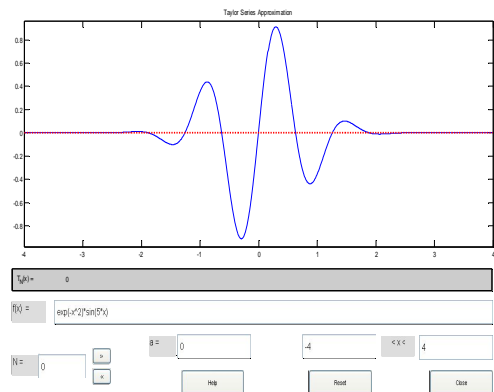
Peneliti membuat persamaan kedua yang diberi nama WaveletDeGeNorm₅ seperti tertulis pada persamaan 7 berikut ini

$$\psi_{DeGeNorm_5} = e^{-x^2}[(\sin 5x)] \quad (7)$$

Setelah diketahui persamaan Wavelet DeGeNorm₂ maka nantinya akan disimulasikan oleh *taylor tool* menjadi persamaan 8 sebagai berikut.

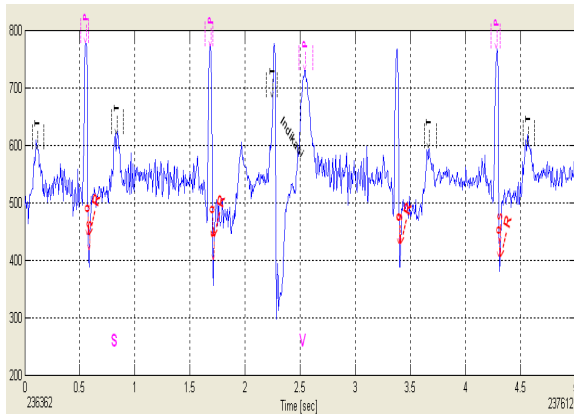
$$\exp(-x^2/(\sin(5*x))) \quad (8)$$

Seperti terlihat pada gambar 3 maka WaveletDeGeNorm₅ ini mempunyai perbedaan dibandingkan persamaan Wavelet DeGeNorm₄ yaitu pada puncak sebelah kiri mempunyai amplitudo yang lebih tinggi daripada amplitudo di puncak sebelah kanan.



Gambar 3. GS DeGeNorm₅ Disimulasikan dalam Deret Taylor

Gelombang singkat DeGeNorm₅ yang digunakan untuk mendeteksi elektrokardiogram normal seperti terlihat pada Gambar 4 menunjukkan adanya deteksi yang mengalami kesalahan pendeteksian. Kesalahan pertama adalah deteksi puncak R nya tidak berada tepat di puncak gelombang, kesalahan kedua adalah adanya salah pendeteksian saat puncaknya komponen R melebihi dari kondisi normal, hal ini dapat terlihat pengidentifikasian menjadi komponen P.



Gambar 4. Pengujian GS DeGeNorm₅

Pengujian Untuk deteksi Wavelet DeGeNorm₅ dapat dilihat pada Table 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Sensitivitas Pendeteksian Komponen QRS dengan DeGeNorm₅

Pasien 1	Lead 1	Lead 2	Lead 3	avr	avl	avf
Total Komponen QRS	86	86	86	86	86	86
QRS Terdeteksi	58	62	65	55	58	60
Positif Benar(PB)	58	62	65	55	58	60
Negatif Semu(NS)	28	24	21	31	28	26
Positif Semu (PS)	0	0	0	0	0	0
Sensitivitas (%)	67	68	75	63	67	69

Dari hasil diatas nampak bahwa sensitivitas program rata rata 79 % untuk dapat mendeteksi komponen QRS dengan deteksi Wavelet DeGeNorm₅.

Wavelet DeGeNorm₆

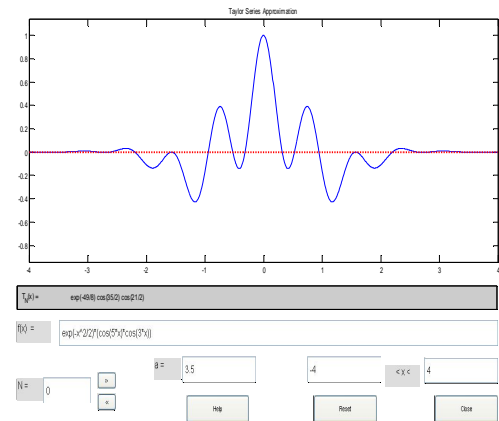
Peneliti membuat persamaan ketiga yang diberi nama WaveletDeGeNorm₆ seperti tertulis pada persamaan 9 berikut ini

$$\psi_{DeGeNorm_6} = e^{-x^2/2} * \{[\cos(5x)] * [\cos(3x)]\}$$

Setelah diketahui persamaan Wavelet DeGeNorm₆ maka nantinya akan disimulasikan oleh *taylor tool* menjadi persamaan 10 sebagai berikut.

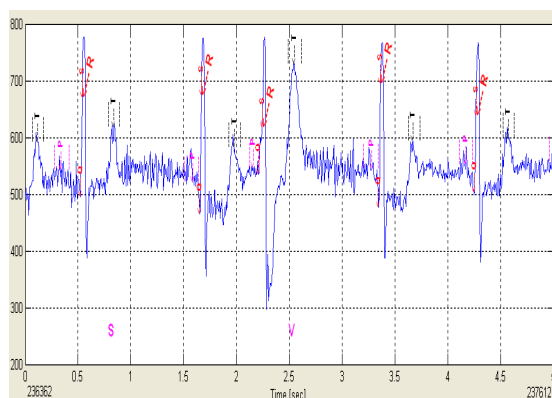
$$\exp(out2.^2)/2).*(\cos(5*Out2)).*\cos(3*out2)$$

Seperti terlihat pada gambar 5 maka Wavelet DeGeNorm₆ ini mempunyai perbedaan dibandingkan persamaan Wavelet DeGeNorm₅ yaitu ditambahkan ripple di masing- masing puncak yaitu puncak kiri dan puncaknya .



Gambar 5. GS DeGeNorm₆ yang disimulasikan dalam Deret Taylor

Hasil deteksi Gelombang singkatnya dapat dilihat pada gambar 6 dimana untuk pendeteksian komponen T berhasil dengan baik tetapi untuk komponen-komponen lainnya mengalami pergeseran. Puncak tertinggi di identifikasikan sebagai komponen S, sehingga komponen R nya mengalami pergeseran identifikasi.



Gambar 6. Pengujian GS DeGeNorm₆

Deteksi WaveletDeGeNorm₆ dapat dilihat pada Table 3 berikut ini. Dari hasil dibawah nampak bahwa sensitivitas program rata rata 73 % untuk dapat mendeteksi komponen QRS dengan deteksi Wavelet DeGeNorm₆.

Tabel 3. Hasil Sensitivitas Pendeteksian Komponen QRS dengan DeGeNorm₆

Pasien 1	Lead 1	Lead 2	Lead 3	avr	avl	avf
Total Komponen QRS	86	86	86	86	86	86
QRS Terdeteksi	65	55	60	58	68	61
Positif Benar(PB)	65	55	60	58	68	61
Negatif Semu(NS)	21	31	26	28	18	25
Positif Semu (PS)	0	0	0	0	0	0
Sensitivitas (%)	76	63	69	67	79	70

PENUTUP

Simpulan

Pada Penelitian ini, algoritma deteksi Wavelet dengan bentuk baru di gunakan untuk mendeteksi sinyal elektrokardiogram normal. Nilai Korelasi tertinggi digunakan untuk dapat mendeteksi sinyal elektrokardiogram. Wavelet baru dengan namaWavelet DeGeNorm₄ didesain untuk mendeteksi sinyal QRS elektrokardiogram. Hasil Pengujian Wavelet DeGeNorm₄ dengan

komponen R dan S Seimbang menghasilkan Sensitivitas= 87,2 %. Nilai ini paling tinggi dibandingkan Sensitivitas WaveletS DeGeNorm₅ dengan komponen R yang lebih tinggi= 79%. Sensitivitas Wavelet DeGeNorm₆ dengan komponen Q yang lebih tinggi dibandingkan komponen T= 73%.

DAFTAR PUSTAKA

- Addison P S, Watson J N, ,*Evaluating arrhythmias in ECGsignals using wavelet transforms*,IEEE Eng Med Biol,Vol.19, pp.104–9. 2003
- Addison P S, Watson J N, Clegg G R, , *Finding coordinated atrial activity duringventricular fibrillation using wavelet decomposition*,IEEE Eng. Med. Biol, Vol.21, pp.58–65. 2005
- Amara Grap, , *An Introduction to wavelet*, IEEE Trans. Comp. Sc. And Eng, Vol. 2, No.2. 2005.
- Bradie, *Wavelet packet-based compression of single lead ECG*,IEEE Trans. Biomed. Eng. Vol.43, pp.493–501. 2001
- Burrus, C. S. ,R. A. Gopinath, H. Guo, , *Introduction to wavelet and wavelet transforms*, A PRIMER.Upper Saddle River, NJ Prentice Hall. 2004.
- Calderbank, Daubechies, Sweldens, Yeo, , *Wavelet transforms that map integers to integers*. Proceedings of the IEEE Conference on Image Processing. Preprint,IEEE Press. 1996.
- Carmona R A, Hwang, Torresani , *Characterization of signals by the ridges of their wavelet transform* , IEEE Trans Signal Process,Vol. 45, pp.2586–90. 1997.
- Chen Sw, ,*A wavelet-based heart-rate variability analysis for the study of*

- nonsustained ventricular tachycardia*, IEEE Trans Biomed Eng, Vol.49, pp.736–42. 2002.
- Daubechies, I, *Ten lectures on wavelet*. Philadelphia: SIAMCBMSNSF regional conference series in applied mathematics 61. 1999.
- Daubechies, The *wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis*, IEEE Trans Inform Theory, pp. 961–1005. 2001.
- Delprat N, Escudie B, Guillemain P, *Asymptotic wavelet and Gabor analysis: extraction of instantaneous frequencies*, IEEE Trans Inf Theory, Vol.38, No.644–64.1992.
- Fischer, Akay, 2003, *Fractal analysis of heart rate variability Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing*, IEEE, chapter 7 pp 719–28
- Gary F, Thomas, Manal Afidy Jadallah, 2001, *A Comparison of the noise sensitivity of nine QRS detection algorithms*, IEEE Transaction of Biomedical Engineering, Vol.37, No.1.
- Goldberger, Amaral, 2000, *PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals*. *Circulation* 101(23):e215-e220
Circulation Electronic Pages; <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215>.
- John Darrington, *Towards real time QRS detection: A fast method using minimal pre-processing*, Biomedical Signal Processing and Control.2009.
- Körner, T. W, *Fourier analysis*, Cambridge University Press, Cambridge UK.2001.
- Kohler B U, Hennig C, *The principles of software QRS detection*, IEEE Eng. Med. Biol, Vol.21, pp.42–57. 2002.
- Lemire D, Pharand C, Rajaonah, *Wavelet time entropy T wave morphology and myocardial ischemia*, IEEE Trans Biomed Eng, Vol.47, pp.967–70. 2000.
- Li, Zheng C, Tai C, *Detection of EKG characteristic points using wavelet transform*, IEEE, Transaction on biomedical engineering, Vol.42, No.21-28.2000.
- Lloyd W, Klein, Sandeep Nathan, *Coronary artery diseases in young adults*, Journal of the American College of Cardiology Foundation. 2003.
- Maclachan, *Size and location of Myocardial Ischemia using Measurements of ST-segment shift*, IEEE Transaction of Biomedical Engineering, Vol. 53, No. 6. 2006.
- Mallat, S. G., *A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.2000.
- Ruha, Salline, *A real-time microprocessor QRS detector system with 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV*, IEEE Trans Biomed Eng, Vol. 44, pp.159–167.2000.
- Sahambi J S, Tandon S M, Bhatt, 1997, *Using wavelet transforms for ECG characterization: an on-linedigital signal processing system*, IEEE Eng Med Biol, Vol.16, pp.77–83.

Senhadji L, Carrault G, 2000, *Comparing wavelet transforms for recognizing cardiac patterns*, IEEE Trans Med Biol, Vol.13, pp.167–73.